T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題	アジア沿岸域の災害リスク～ハザード・脆弱性・意識の各視点で
Title	Natural hazard risk in Asian coasts
著者	高木泰士
Authors	Hiroshi Takagi
会議名称	海岸工学特別講演会
ConferenceName	Coastal Engineering Special Lecture
発行日 / Pub. date	2020, 1

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

海岸工学特別講演会（港湾空港技術研究所）

アジア沿岸域の災害リスク
～ハザード・脆弱性・意識の各視点で

東京工業大学 環境・社会理工学院
融合理工学系 高木 泰士

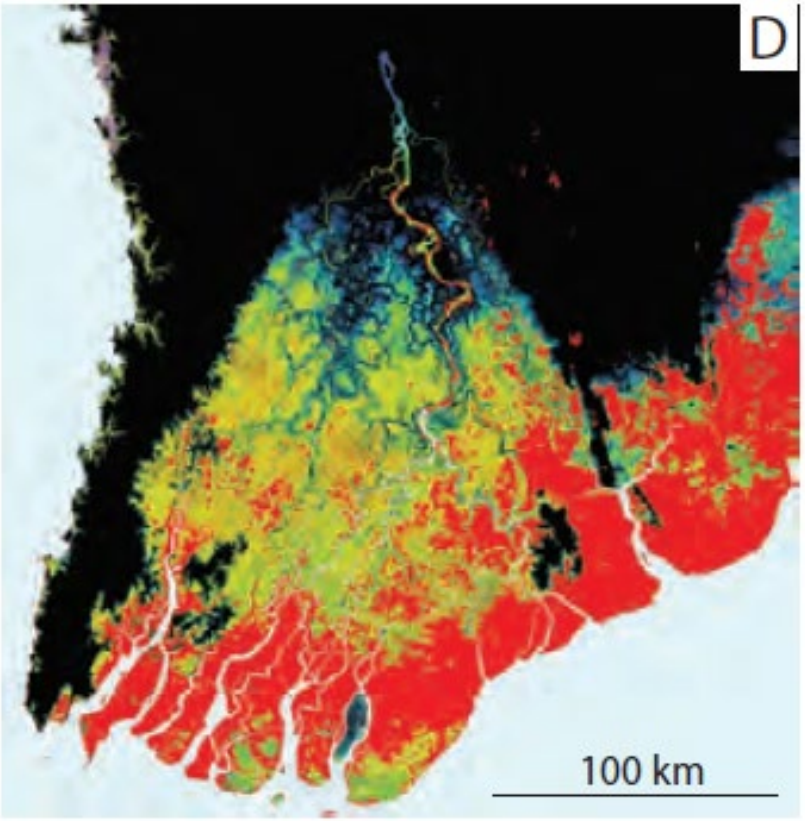
今世紀が始まって以来ワースト６の津波･高潮災害は全てアジアで発生

1. 2004 Indian Ocean tsunami: 250,000 persons (Indonesia, Thailand, Sri Lanka and others)
2. 2008 Cyclone Nargis: 140,000 persons (Myanmar)
3. 2011 Great East Japan Tsunami: 18,000 persons (Japan)
4. 2013 Typhoon Haiyan: 7,000 persons (Philippines)
5. 2007 Cyclone Sidr: 4,000 persons (Bangladesh)
6. 2018 Sulawesi Tsunami: 2,000 – 6,000 persons (Indonesia)

- 人口が多い
- 災害の発生源（地震・台風）が集中
- 海岸線が長く，低平なデルタが発達
- 経済開発が急激に進む中，防災が追い付いていない

アジアのデルタ

世界の代表的な３３デルタの総面積のうち，約６０％がアジア
（メコン，エラワディ，インダス，チャオプラヤ，長江，黄河デルタほか）

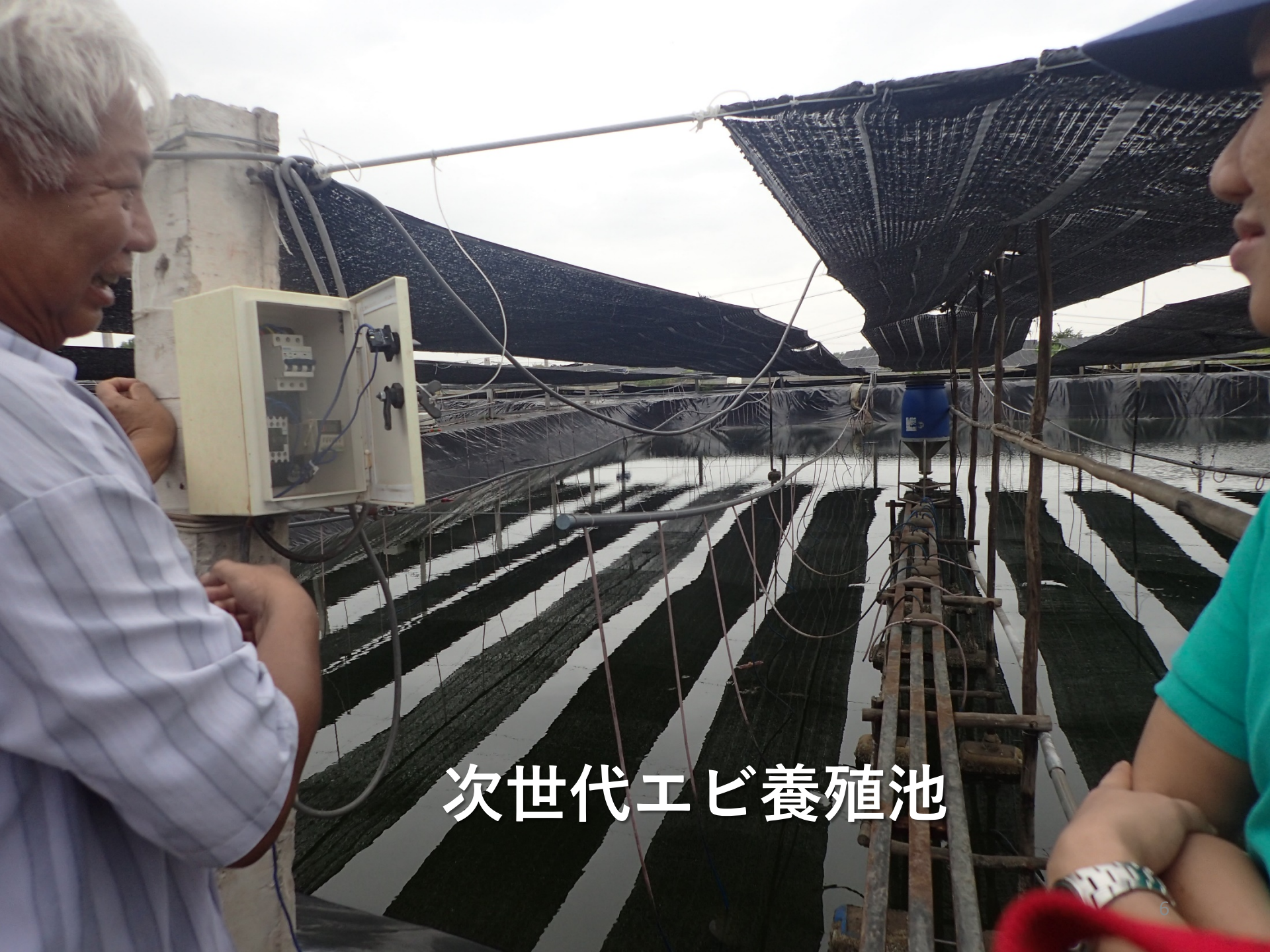


Syvitski *et al*. (2009)

2008年サイクロン・ナルギス高潮による浸水エリア
（ミャンマー・エラワディデルタ）

ケーススタディー１　メコンデルタの例

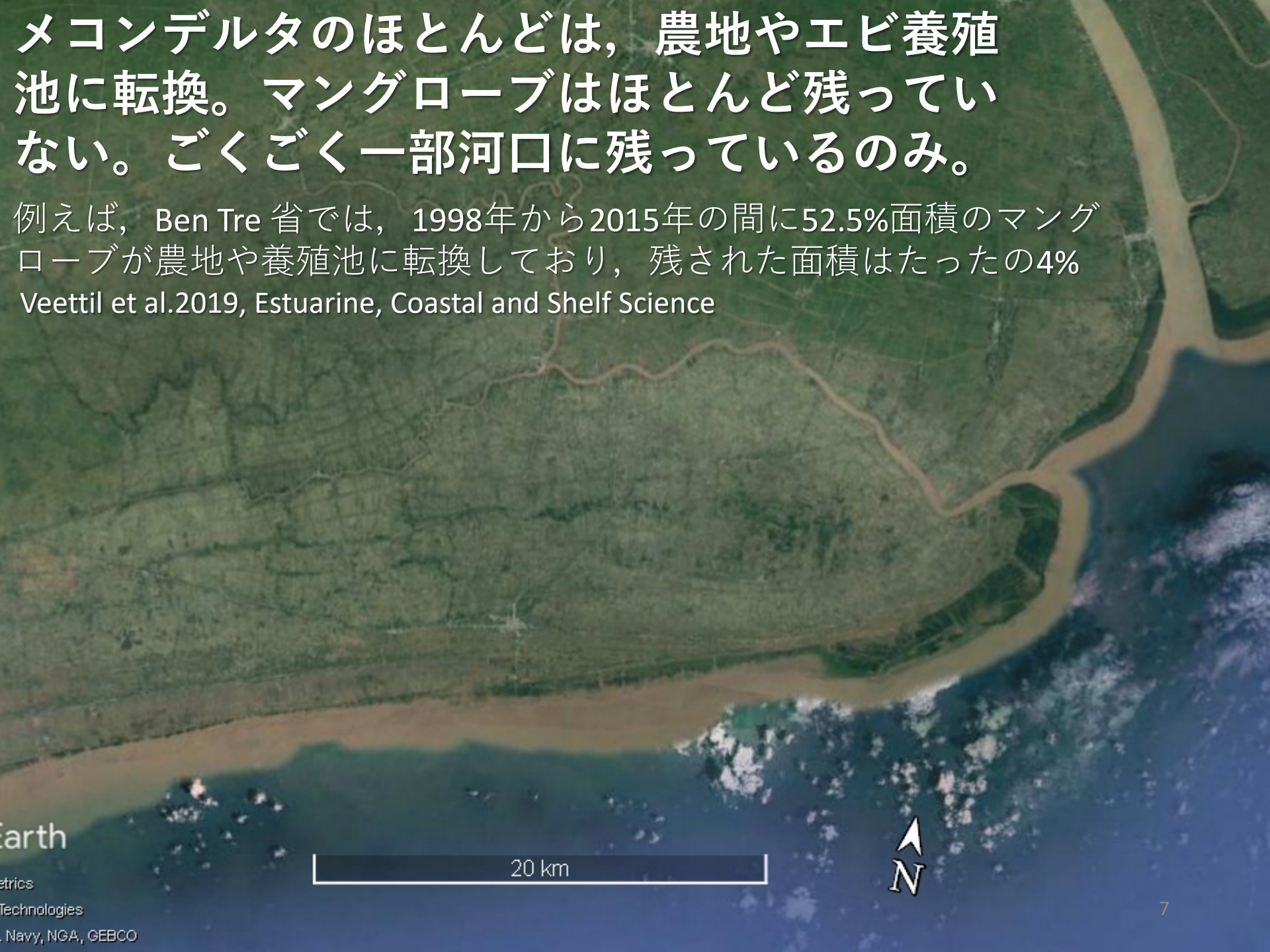
エビ養殖池


次世代エビ養殖池

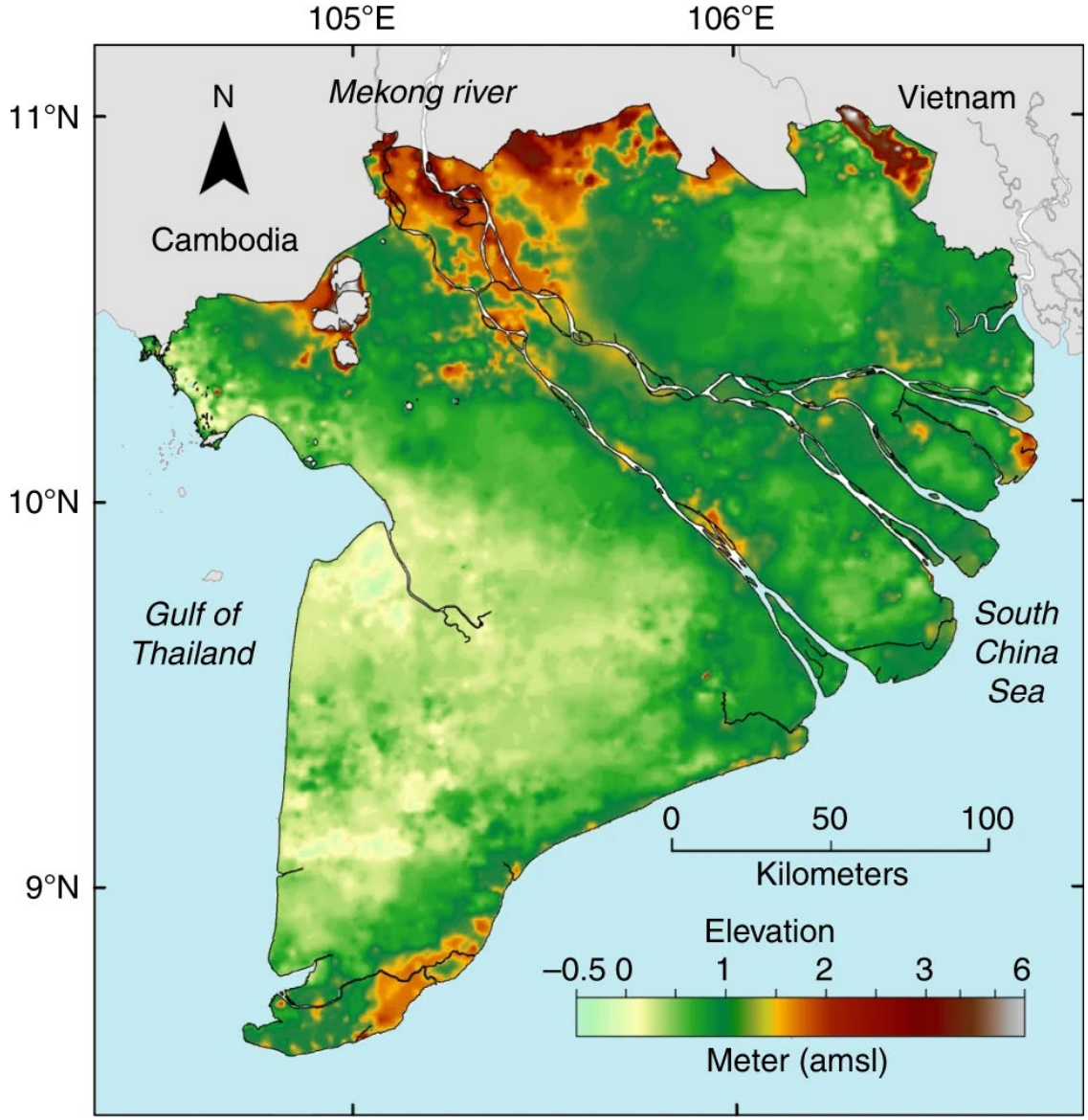
メコンデルタのほとんどは，農地やエビ養殖池に転換。マングローブはほとんど残っていない。ごくごく一部河口に残っているのみ。

例えば，Ben Tre 省では，1998年から2015年の間に52.5%面積のマングローブが農地や養殖池に転換しており，残された面積はたったの4%

Veettil et al.2019, Estuarine, Coastal and Shelf Science

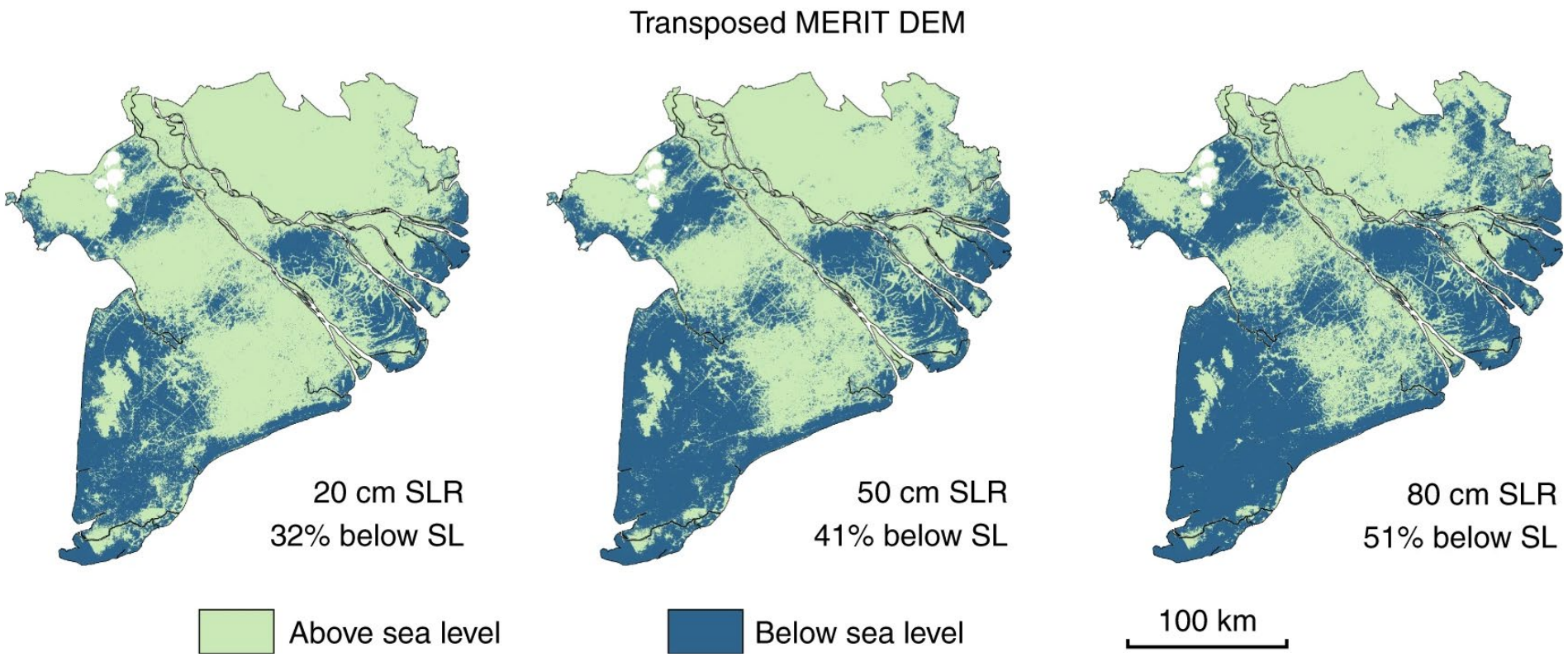


メコンデルタの平均標高 海抜0.8m



Minderhoud et al. Mekong delta much lower than previously assumed in sea-level rise impact assessments, *Nature Communications*, 2019.

控えめに見積もっても，今世紀中ごろまでに デルタの３割程度が平均水面以下に



Minderhoud et al. Mekong delta much lower than previously assumed in sea-level rise impact assessments, Nature Communications, 2019.

メコンの人々にとって穏やかな洪水は日常的であるが・・・

メコン最大都市 Can Tho市中心部の冠水頻度（現在～将来予測）

現在は大半が雨季の時期，今世紀中ごろにはほぼ毎日発生

Takagi H., Tran T.V., Thao N. D., Esteban M. Ocean Tides and the Influence of Sea-Level Rise on Floods in Urban Areas of the Mekong Delta, *J. Flood Risk Management*, 2015.

Takagi H., Thao N. D., Anh L. T. Sea-Level Rise and Land Subsidence: Impacts on Flood Projections for the Mekong Delta's Largest City, *Sustainability*, 8(9), 2016.

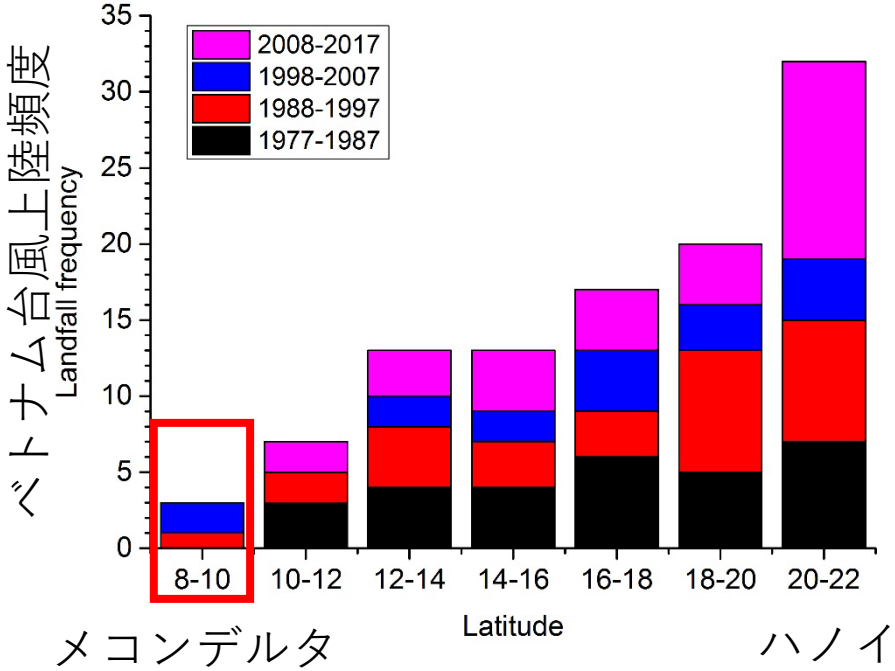
The middle of 21st Century (SLR + Subsidence: +90cm)
5 mm yr-1 + 17 mm yr-1
137cm
Present Highest Water Level
47 cm

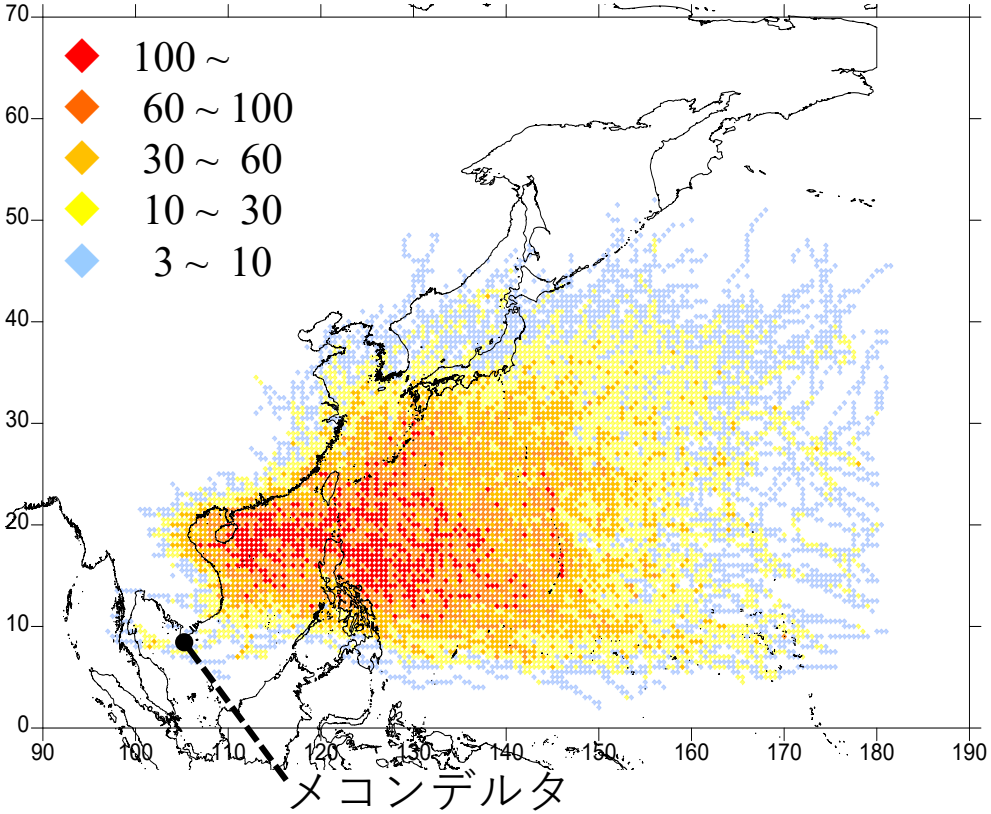
怖いのは台風

ベトナムは南北に長く，ハノイを含む最北部は台風常習地であるが，南に行くほど頻度は小さくなる。

メコンデルタでは，台風上陸は稀。しかしゼロではない。

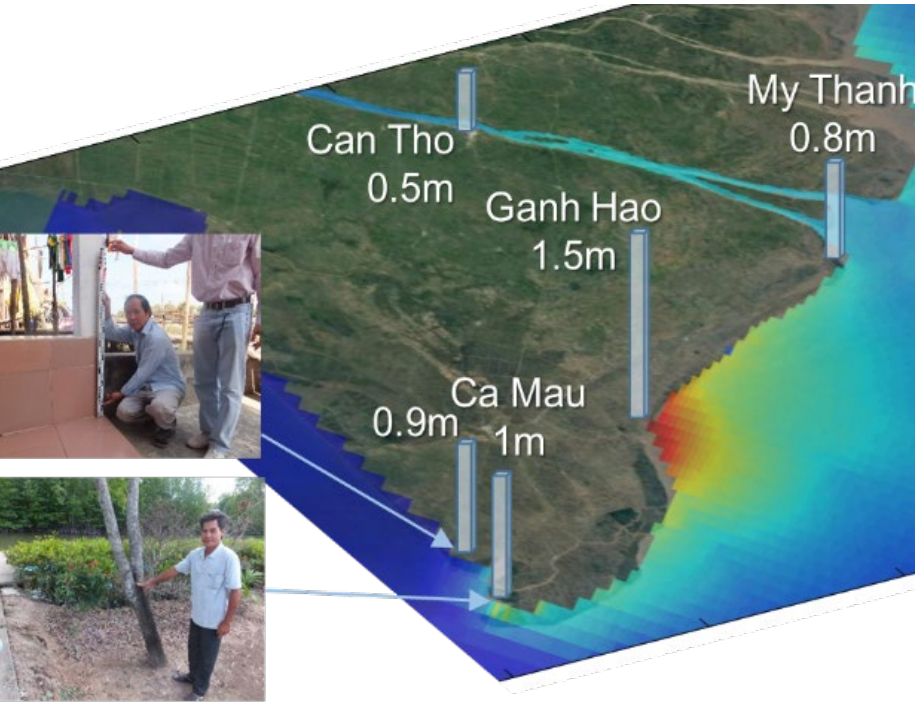
今世紀はゼロ，前回の台風は1997年

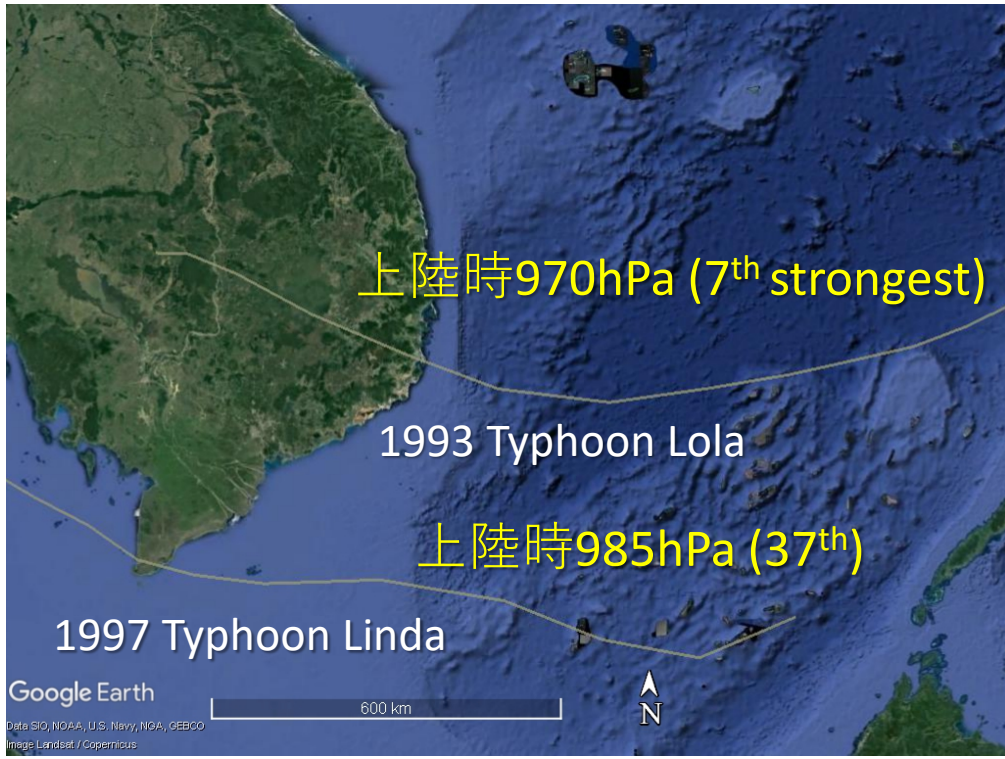




Takagi H. Statistics on typhoon landfalls in Vietnam: Can recent increases in economic damage be attributed to storm trends?, *Urban Climate*, Vol. 30, 2019.

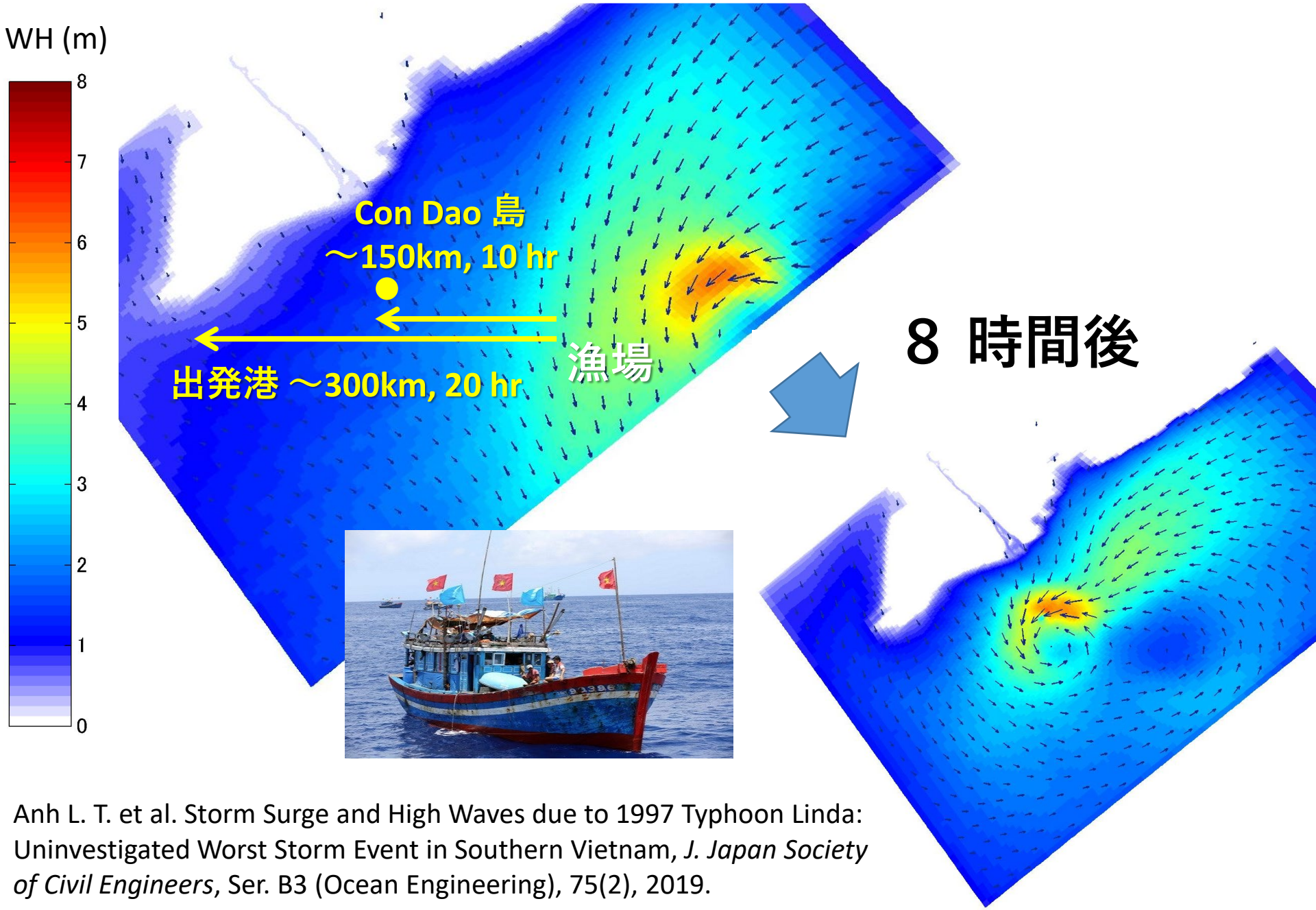
1997年台風Linda：ベトナム史上最悪の台風被害





台風の強さは平均的であったが，3千人以上の犠牲者
高潮～1.5m　高潮被害の影響は限定的か？
高波～8m　高波による漁船被害が最大の理由か？

台風 Linda 時の波高推算



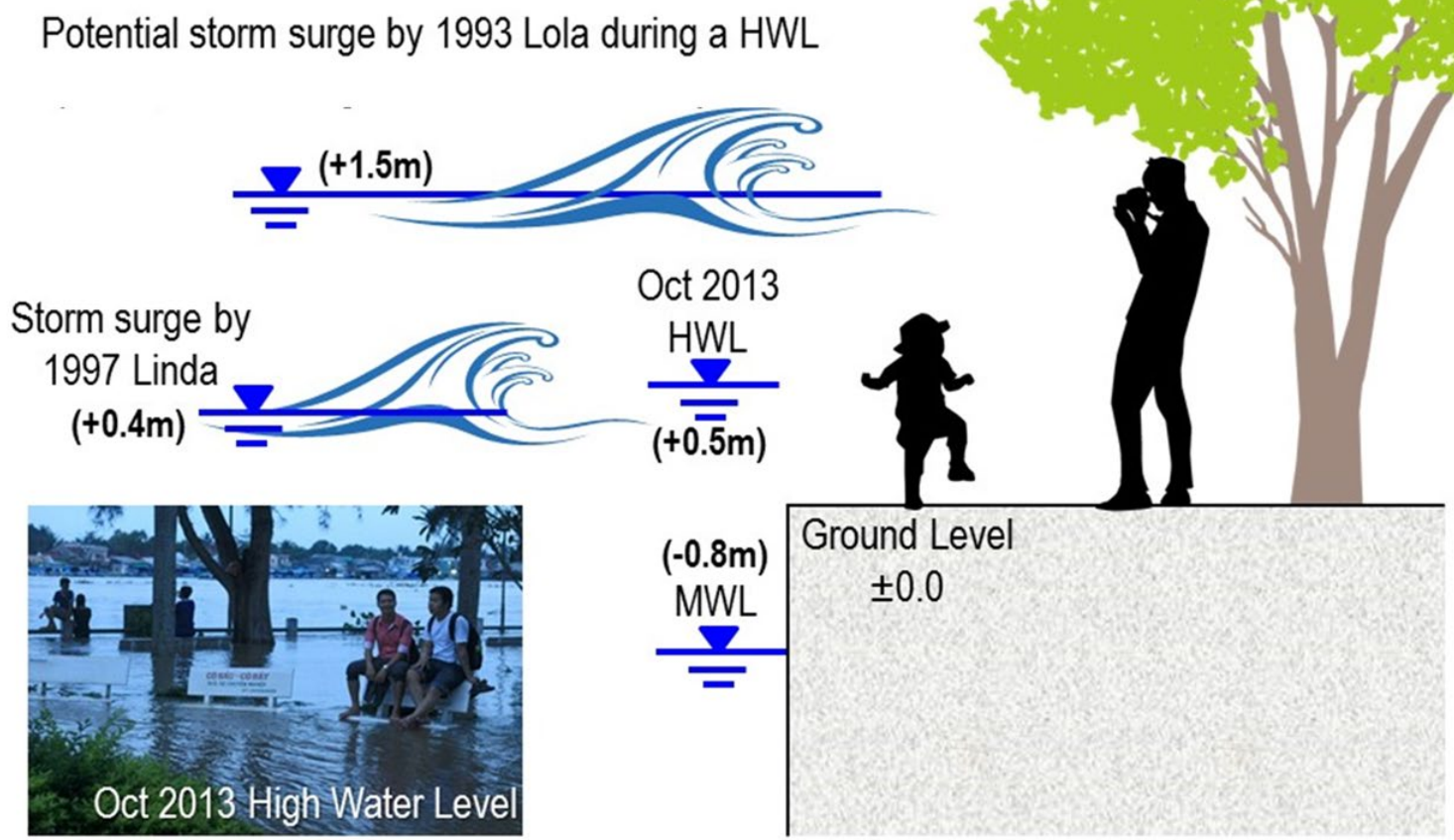
Anh L. T. et al. Storm Surge and High Waves due to 1997 Typhoon Linda: Uninvestigated Worst Storm Event in Southern Vietnam, *J. Japan Society of Civil Engineers*, Ser. B3 (Ocean Engineering), 75(2), 2019.

メコンデルタ最大都市Can Tho市の高潮リスク (河口から８０キロ)

台風Lindaの高潮高は季節的な最大洪水位と同程度

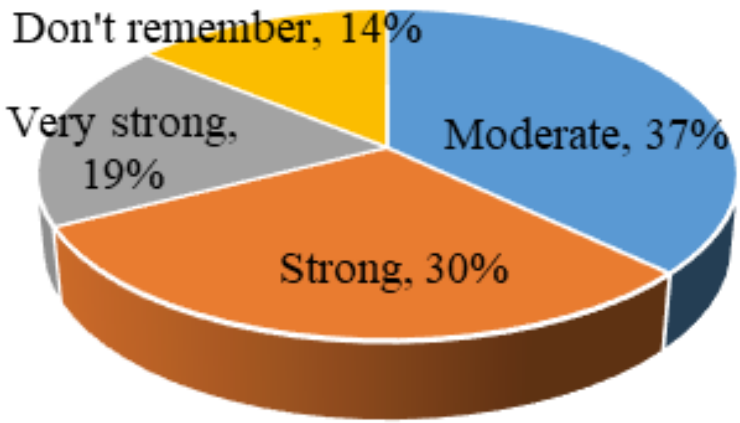
1993年台風Lolaがメコンに上陸した場合の予測値

1997年台風Lindaの際の高潮



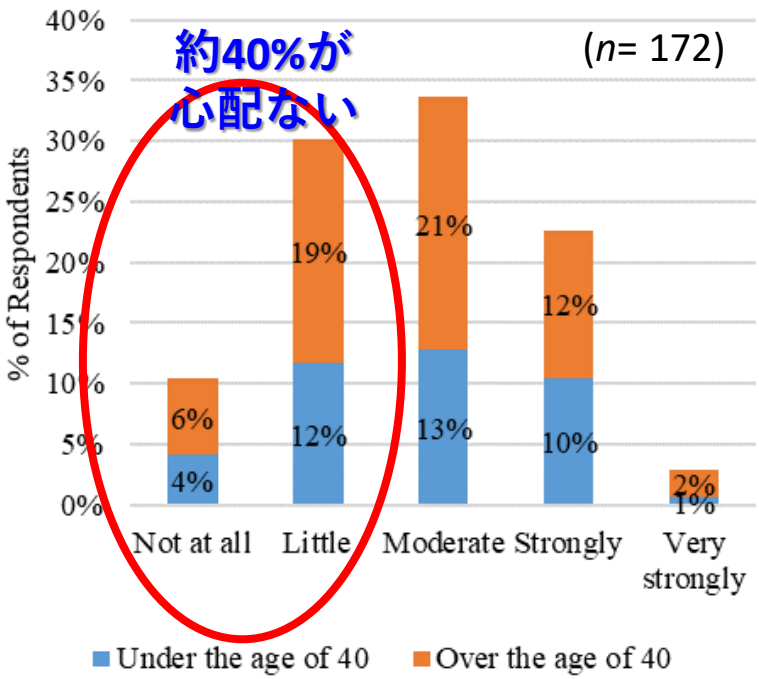
さらに，地盤沈下＋海面上昇の影響で高潮リスクは年々大きくなっている

1997年台風Lindaによる風の強さに関するインタビュー（Can Tho市）



Can Tho市での住民意識調査

台風災害に対する危機感



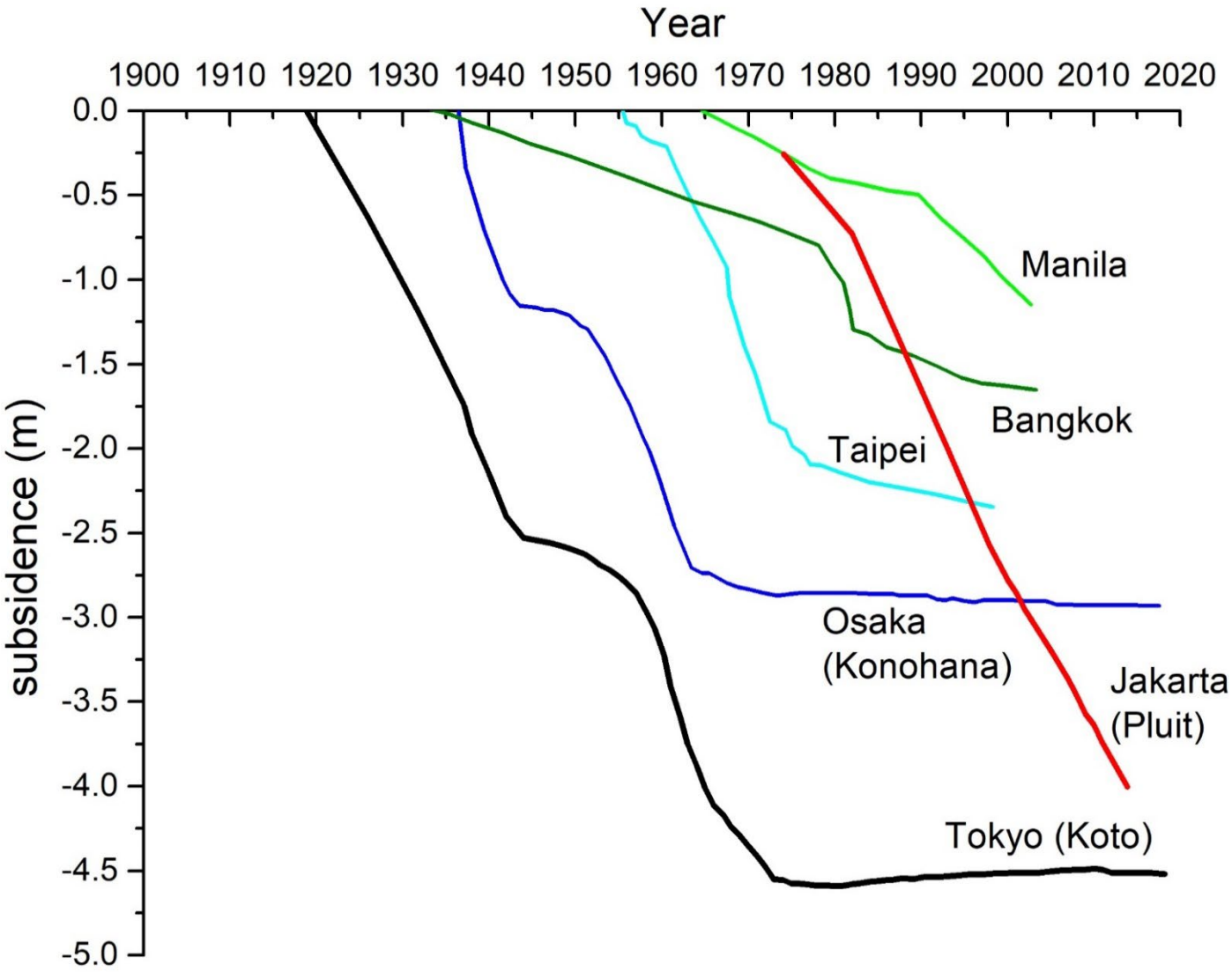
- Linda台風について，多くの住民が出来事を覚えている
- 川沿いの道路や家屋で浸水被害があった
- しかし，台風災害に対する危機感は低い
- 過去二十数年大きな台風がないためか，具体的な防災につながっていない
- その間マングローブ林の伐採は進み，相対的な海面上昇も進む。高潮リスクは年々増大

Anh L. T. et al. Investigation of Awareness of Typhoon and Storm Surge in the Mekong Delta – Recollection of 1997 Typhoon Linda, *J. Japan Society of Civil Engineers*, Ser. B3 (Ocean Engineering), Vol. 73 (2), 168-173, 2017.

ケーススタディー２

インドネシア・ジャカルタの例

ジャカルタの地盤沈下は世界で最も急激



Takagi H. et al. Projection of coastal floods in 2050 Jakarta, *Urban Climate*, Vol.17, pp.135-145, 2016.

TheJakartaPost

NEWS BUSINESS SE ASIA OPINION LIFESTYLE TRAVEL MULTIMEDIA

NEWS > NATIONAL

Jokowi wants to move capital out of Java

Marguerite Afra Sapiie
The Jakarta Post

Jakarta / Mon, April 29, 2019 / 06:07 pm

Moving capital will not ease Jakarta's traffic congestion: Anies

News Desk
The Jakarta Post

Jakarta / Tue, April 30, 2019 / 03:02 pm

Indonesia's Massive Capital Is Sinking Into the Sea. So, the Country Wants to Move It.

By Jeanna Bryner, Live Science Managing Editor | May 1, 2019 08:27am ET

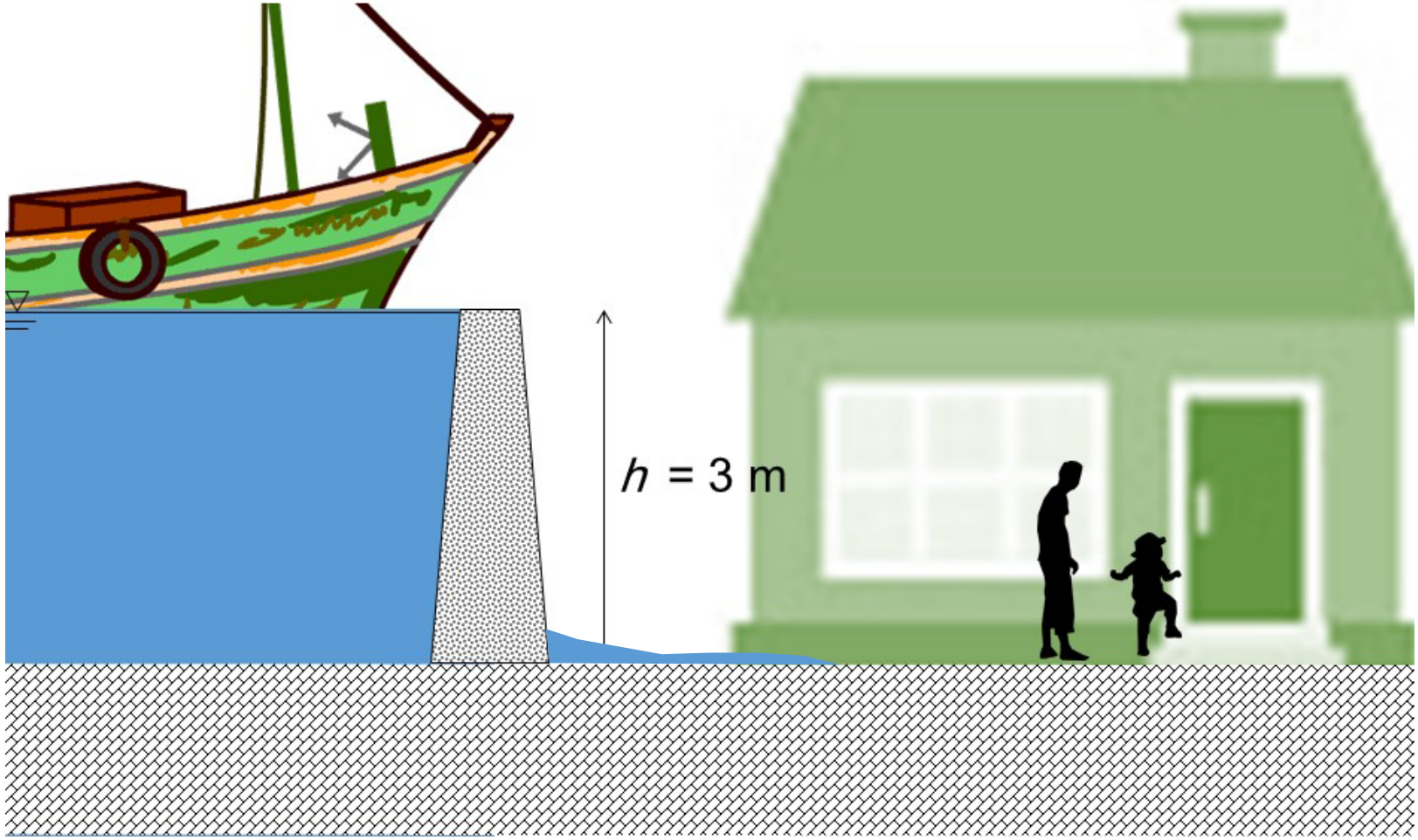
0
0
MORE

逆算すると地盤沈下のスピードは 10-15cm/yr

Esteban M. et al. Adapting ports to sea-level rise: empirical lessons based on land subsidence in Indonesia and Japan, *Maritime Policy & Management*, 2019.

猛烈な地盤沈下により海面下３メートルの場所も！

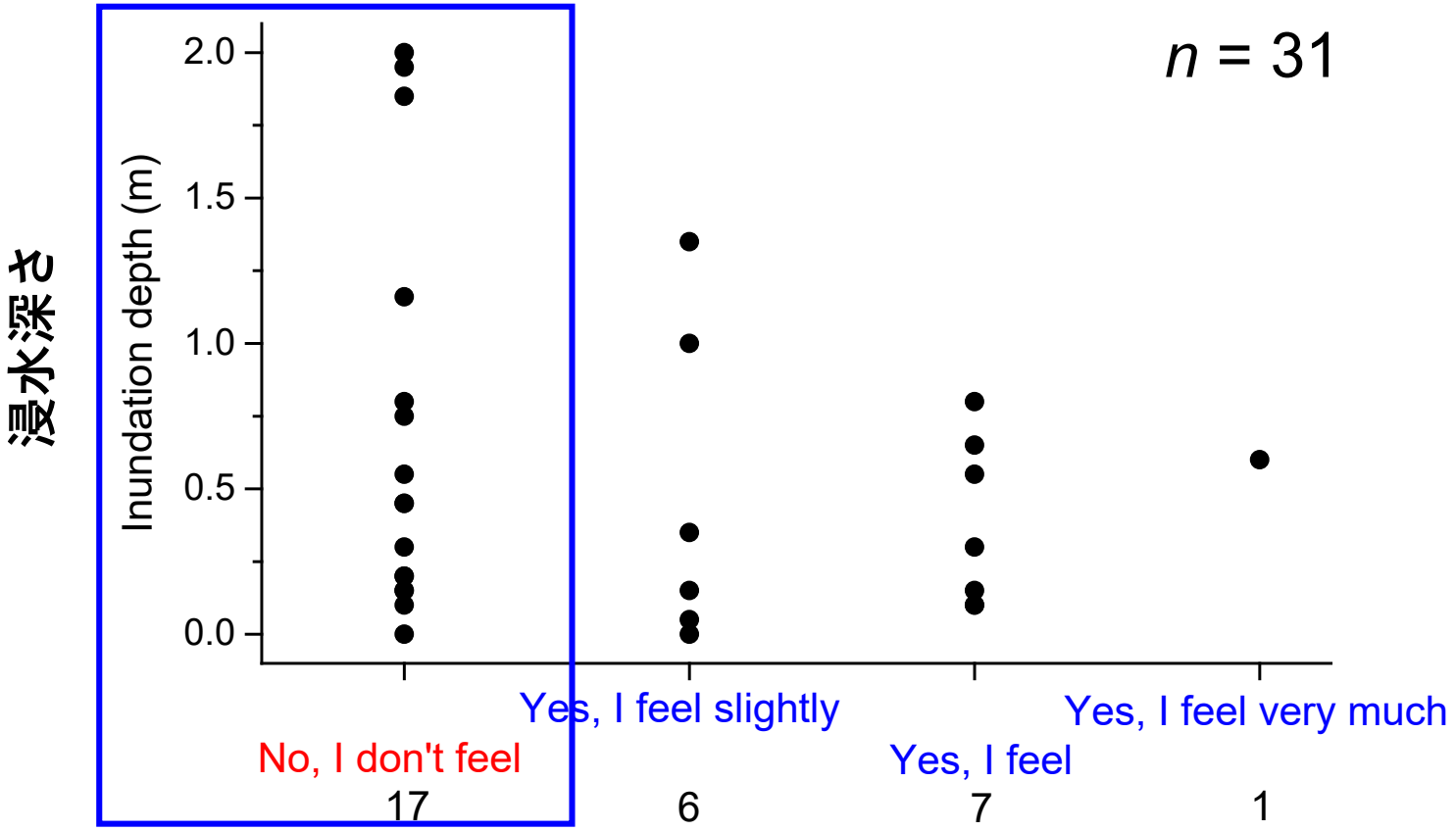
模式的に描くと



地盤沈下に対する住民の認識

仮説:
自宅が浸水した経験がある人は地盤沈下を疑っている

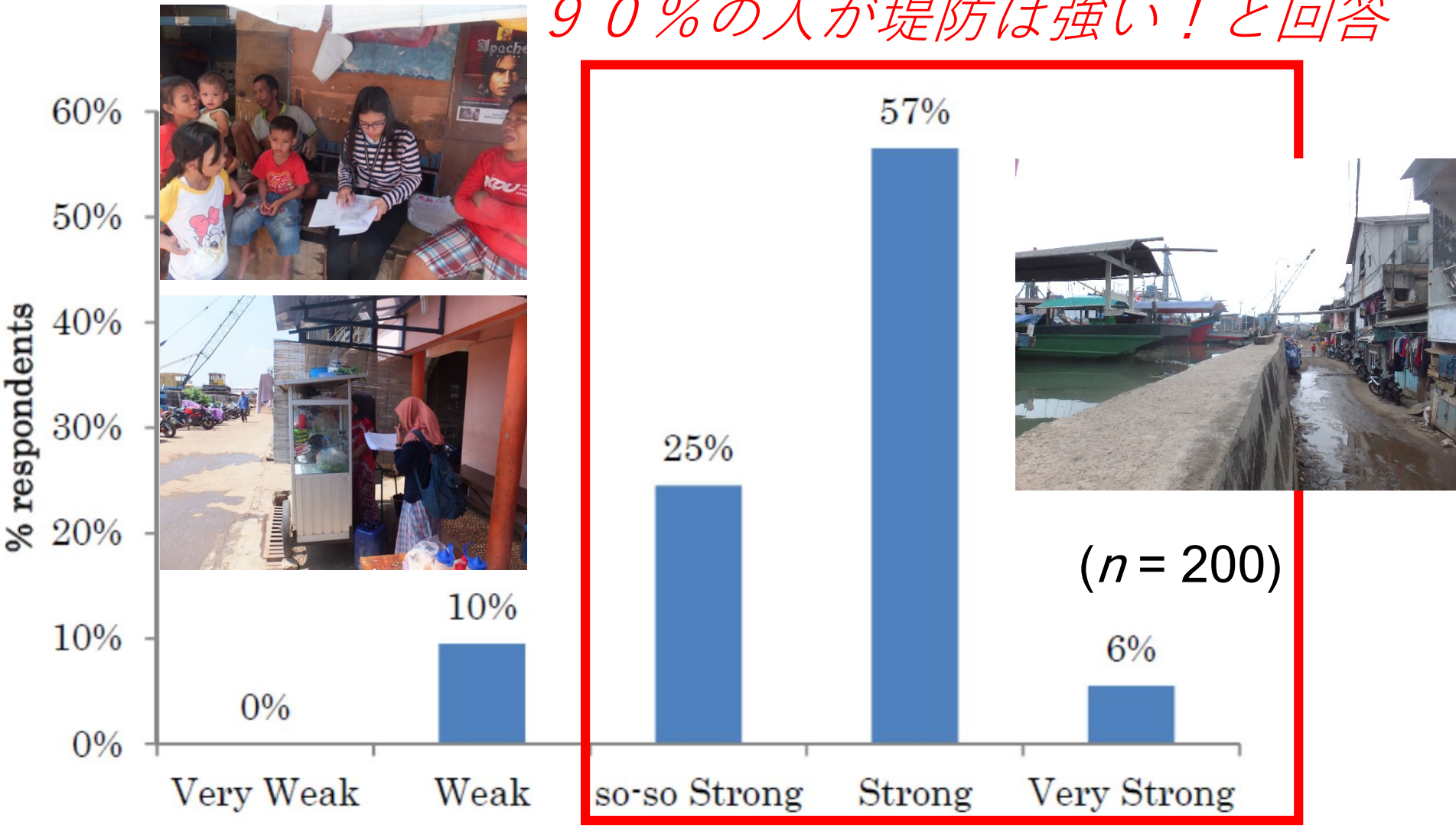
あなたの家は沈下していると感じますか？



結果:
浸水の経験は，地盤沈下の認識を高めるわけではない

この堤防は頑丈と思いますか？

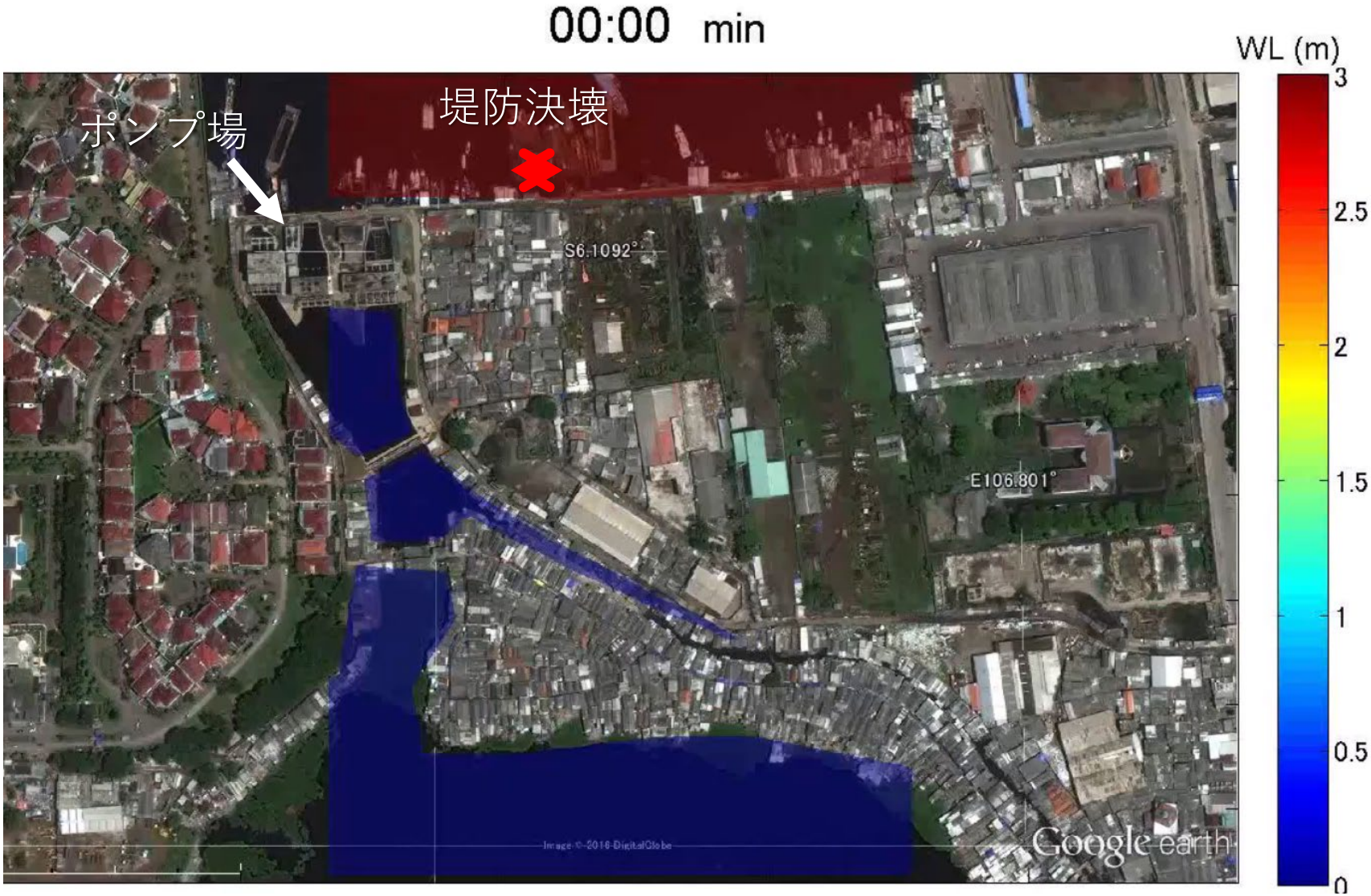
９０％の人が堤防は強い！と回答



Esteban M et al. Awareness of coastal floods in impoverished subsiding coastal communities in Jakarta: Tsunamis, typhoon storm surges and dyke-induced tsunamis, *Int. Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 23, 70-79, 2017.

破堤すれば津波のような激しい流れ

数値解析による破堤流の解析



Dyke-break induced tsunami
(破堤が引き起こす津波)

破堤型津波の脅威と対策についての論文

Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 16, 1629–1638, 2016
www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/16/1629/2016/
doi:10.5194/nhess-16-1629-2016
© Author(s) 2016. CC Attribution 3.0 License.

Natural Hazards and Earth System Sciences
Open Access
EGU

Mangrove forest against dyke-break-induced tsunami on rapidly subsiding coasts

Hiroshi Takagi[1], Takahito Mikami[2], Daisuke Fujii[1], Miguel Esteban[3], and Shota Kurobe[1]

[1]School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, 152-8550, Japan
[2]Department of Civil and Environmental Engineering, Waseda University, Tokyo, 169-8555, Japan
[3]Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, Chiba, 277-8563, Japan

Correspondence to: Hiroshi Takagi (takagi@ide.titech.ac.jp)

Received: 8 April 2016 – Published in Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss.: 14 April 2016
Accepted: 29 June 2016 – Published: 20 July 2016

破堤型津波に対する住民意識

ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

International Journal of Disaster Risk Reduction

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijdrr

Awareness of coastal floods in impoverished subsiding coastal communities in Jakarta: Tsunamis, typhoon storm surges and dyke-induced tsunamis

CrossMark

Miguel Esteban[a,*], Hiroshi Takagi[b], Takahito Mikami[c], Aretha Aprilia[d], Daisuke Fujii[b], Shota Kurobe[b], Nuki Agya Utama[e]

[a] *Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, Tokyo, Japan*
[b] *School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan*
[c] *Dep. of Civil and Environmental Engineering, Waseda University, Tokyo, Japan*
[d] *CDM Smith, MR 21 Bldg., Jakarta, Indonesia*
[e] *Swiss German University, Tangerang, Banten, Indonesia*

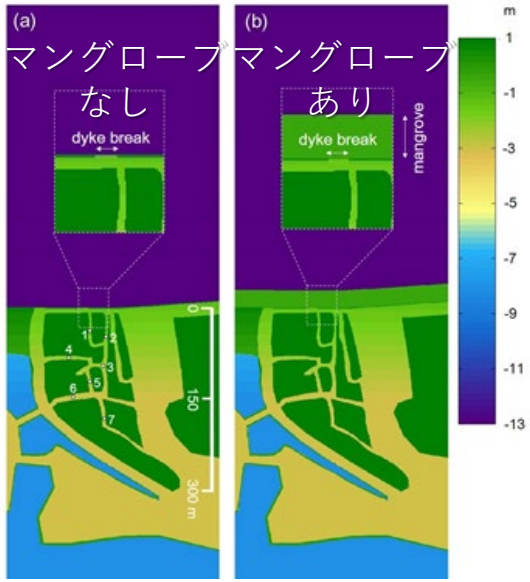
マングローブ植林により破堤被害は軽減できるか

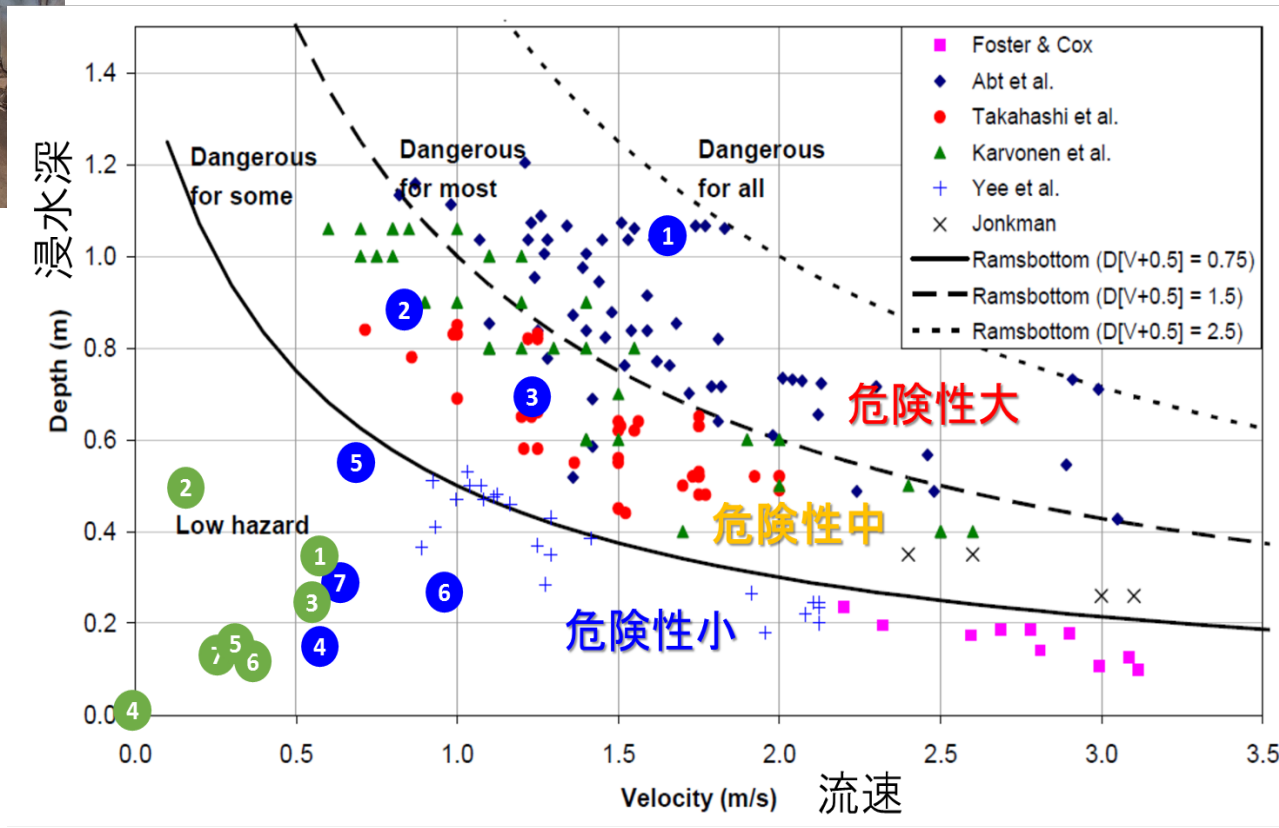
十分に成長したマングローブは効果がありそう

洪水による溺水危険度（浸水深，流速）

地点 1 ～ 7　マングローブなし→　集落の約半分が溺水危険域

地点 1 ～ 7　マングローブあり→　危険性が大幅に軽減





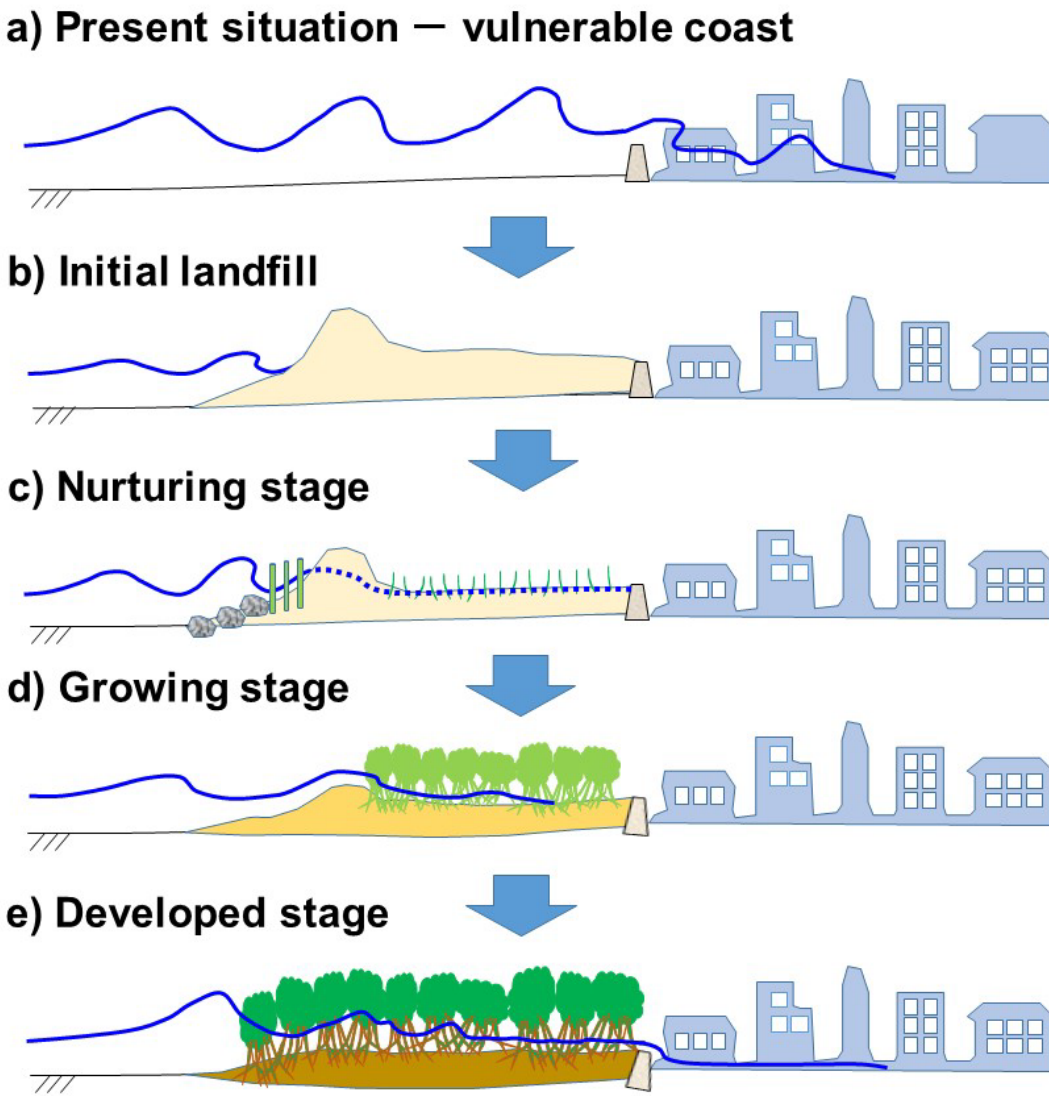
Takagi H., Mikami T., Fujii D., Esteban M., Kurobe S. (2016) Mangrove forest against dyke-break-induced tsunami on rapidly subsiding coasts, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, EGU, 16, 1629-1638, doi:10.5194/nhess-16-1629-2016

マングローブを開発地域に適用するためには融合的で適正な技術が不可欠

様々な技術課題

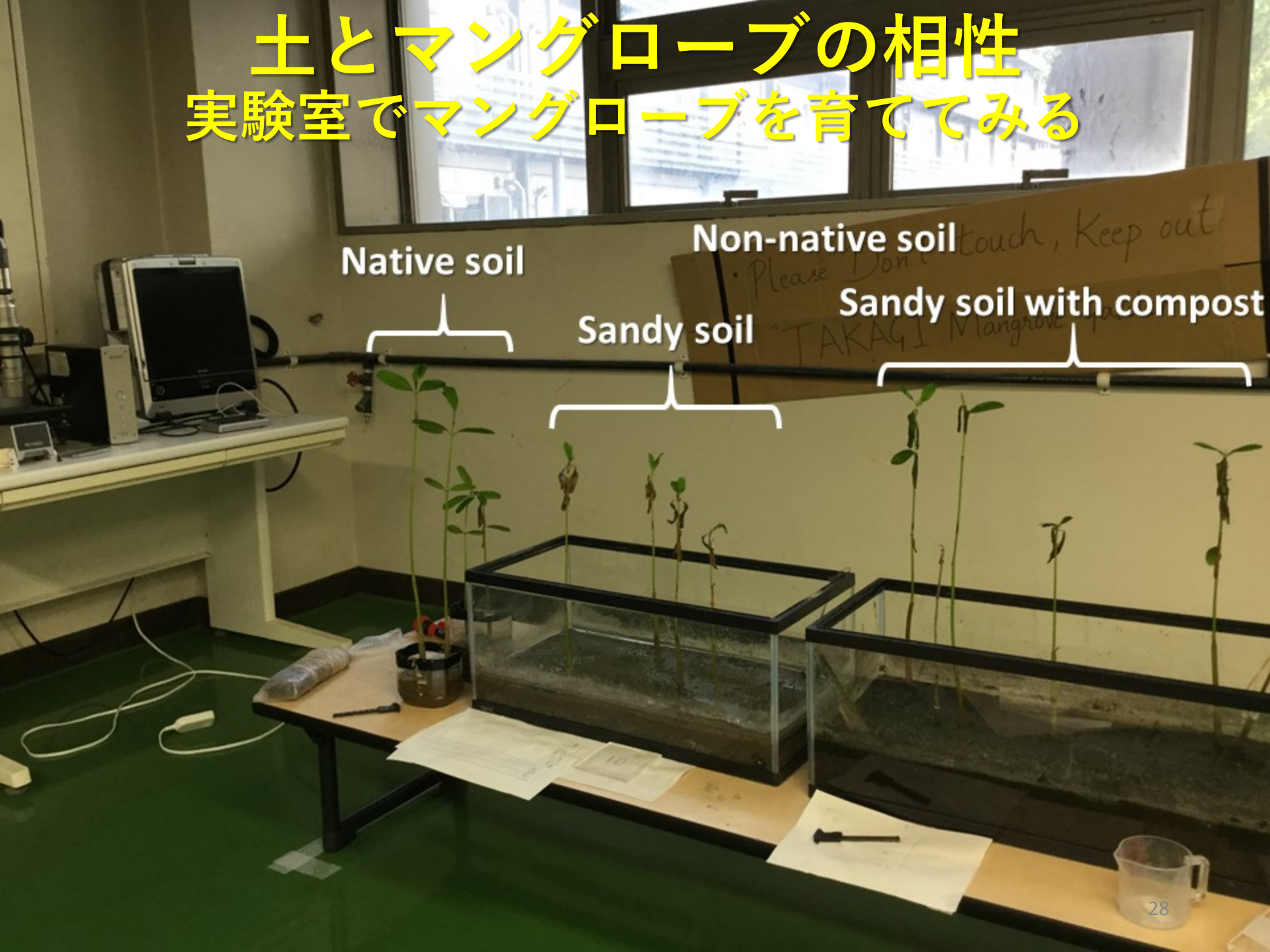
- 低コスト・低環境負荷の埋立
- 生態的に最適な土壌
- ローカル材料を活用した簡易消波工
- マングローブの初期成長を促進する仕組み
- 圧密沈下や地盤沈下，海面上昇への対応
- 安定的な腐葉土化と地形維持
- 高波・高潮・津波抑止効果の定量化
- 評価・設計技術の確立
- 費用対効果の算出法の確立

等々



Takagi H. “Adapted mangrove on hybrid platform” – Coupling of ecological and engineering principles against coastal hazards, *Results in Engineering*, 100067, 2019.

土とマングローブの相性
実験室でマングローブを育ててみる



ラボ・マングローブと同時期に
発芽した現地のマングローブ
根の部分
主根の発達が著しい

東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

これからも大学ならではのアプローチで，アジア，ひいては日本の防災に貢献できるような研究をしていきたいと思います。

ご静聴ありがとうございました。